

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
10. Mai 2001 (10.05.2001)

PCT

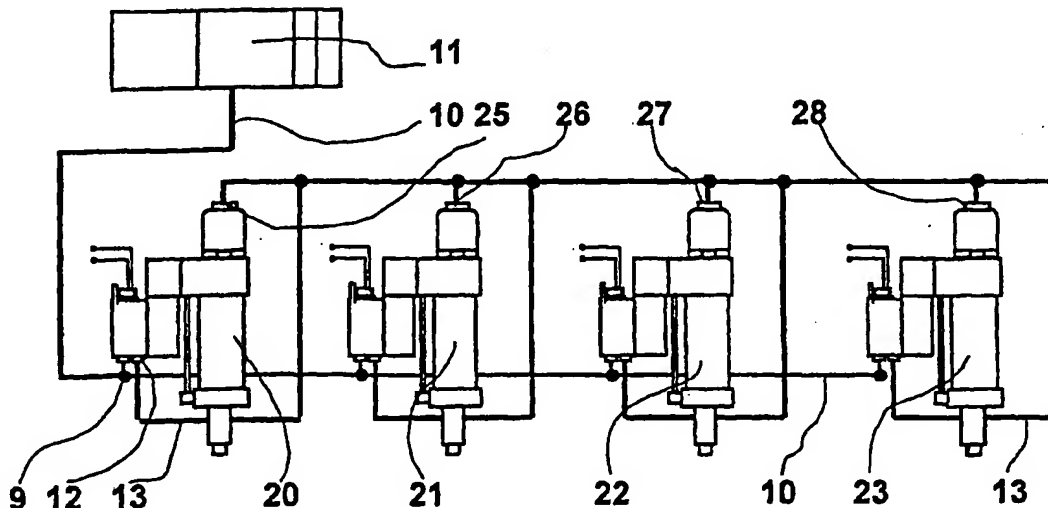
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/33087 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F15B 21/00 (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PFUHL, Berthold  
[DE/DE]; Graf-Hartmann-Str. 59/1, 71706 Markgröningen (DE). LEUTNER, Volkmar [DE/DE]; Birkbuschweg  
11, 71292 Frielzheim (DE). BLUMENDELLER, Wil-  
helm [DE/DE]; Grosse Aecker 13, 71691 Freiberg  
(DE). MELZER, Stefan [DE/DE]; Krautgartenweg 2,  
64739 Hoechst (DE). PUNZET, Alfred [DE/DE]; Dam-  
aschkestrasse 26, 64711 Erbach (DE). HAGEMEISTER,  
Wilhelm [DE/DE]; Weselerstr. 39, 47661 Issum (DE).  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/03835 FALLER, Markus [DE/DE]; Rotkleeweg 7, 71665 Vai-  
hingen (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum:  
31. Oktober 2000 (31.10.2000)  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität:  
199 53 189.7 5. November 1999 (05.11.1999) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
20, 70442 Stuttgart (DE). NL, PT, SE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CONTROL ARRANGEMENT FOR A HYDRAULIC OR PNEUMATIC SYSTEM

(54) Bezeichnung: REGELANORDNUNG FÜR EIN HYDRAULISCHES ODER PNEUTMATISCHES SYSTEM



(57) Abstract: The invention relates to a control arrangement for a hydraulic or pneumatic system. At least one electrohydraulic or electropneumatic control valve (1) is provided. The at least one state variable of the control valve can be controlled and is evaluated in a control unit (8). Corresponding adjustment signals can be generated in said unit. A higher ranking control unit (11) is connected to the control valve via corresponding coupling elements and by means of a first bus system (10). An electronic circuit (8) is arranged on the control valve (1) respectively. Said circuit serves for controlling the control valve (1) and acts as a control unit for the state variables. A first standardised interface (9) for coupling the first bus system (10) is provided on the control unit and a second standardised interface (12) is provided for coupling a second internal bus system (12) having sensors (3, 4, 5; 25, 26, 27, 28) for the state variables of the control valve (1).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

*Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Regelanordnung für ein hydraulisches oder pneumatisches System vorgeschlagen, bei der mindestens ein elektrohydraulisches oder -pneumatisches Regelventil (1) vorhanden ist, dessen mindestens eine Zustandsgrösse regelbar ist und in einer Reglereinheit (8) die Zustandsgrösse ausgewertet wird und entsprechende Stellsignale erzeugbar sind. Eine übergeordnete Steuereinheit (11) ist mit dem Regelventil über entsprechende Koppellemente mittels eines ersten Bussystems (10) verbunden. Am Regelventil (1) ist jeweils eine elektronische Schaltung (8) angeordnet, die zur Steuerung des Regelventils (1) und als Reglereinheit für die Zustandsgrössen dient, wobei an der Reglereinheit eine erste standardisierte Schnittstelle (9) für die Ankopplung des ersten Bussystems (10) und eine zweite standardisierte Schnittstelle (12) für die Ankopplung eines zweiten internen Bussystems (13) mit Sensoren (3, 4, 5; 25, 26, 27, 28) für die Zustandsgrössen des Regelventils (1) vorhanden ist.

Regelanordnung für ein hydraulisches oder pneumatisches  
System

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Regelanordnung für ein hydraulisches oder pneumatisches System, insbesondere mit elektrohydraulischen Regelventilen, nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Die an sich bekannten Regelventile werden beispielsweise als Stellelemente in geregelten hydraulischen Antrieben eingesetzt. Die hier geregelten Größen sind üblicherweise der Druck, der Volumenstrom der Hydraulikflüssigkeit oder die Geschwindigkeit und die Lage des Ventilkolbens, wobei auch mehrere Größen gleichzeitig geregelt werden müssen. Für ein zufriedenstellendes Regelergebnis müssen diese Zustandsgrößen ohne große Zeitverzögerung zur Verfügung gestellt werden.

Es ist bereits aus der DE 43 34 980 C2 eine solche Regelanordnung bekannt, bei der die oben erwähnten Zustandsgrößen detektiert und entsprechende Stellgrößen erzeugt werden. Die Zustandsgrößen werden über Signalaufberei-

tungsschaltungen in einem zentralen Ein-/Ausgabeelement so aufbereitet, dass Signale über einen Feldbus zu einer Steuereinheit gesendet werden können und von der Steuereinheit über den Feldbus wieder entsprechende Steuersignale an die Ein-/Ausgabeeinheit und an Stellelemente abgegeben werden.

Weiterhin ist aus der WO-A-92 04 813 für sich gesehen eine Regelanordnung mit einer zweistufigen Busarchitektur bekannt, bei der ein erster, den elektrischen Stellgliedern und Sensoren zugeordneter Bus, und ein zweiter, der zentralen Datenverarbeitung zugeordneter Bus, vorgesehen ist. Hierbei handelt es sich jedoch um eine einfache hierarchische Aufteilung des Bussystems in einem elektrischen Schaltschrank zur Optimierung der Datenverarbeitung.

#### Vorteile der Erfindung

Die eingangs beschriebene Regelanordnung für ein hydraulisches oder pneumatisches System mit z.B. einem elektrohydraulischen Regelventil und einer übergeordneten Steuereinheit, ist in vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass am Regelventil jeweils eine elektronische Schaltung angeordnet ist, die zur Steuerung des Regelventils und als Reglereinheit für die Zustandsgrößen dient. An der Reglereinheit ist eine erste standardisierte Schnittstelle für die Ankopplung eines ersten Bussystems und eine zweite standardisierte Schnittstelle für die Ankopplung eines zweiten internen Bussystems vorhanden. Am zweiten Bussystem sind die Sensoren für die Zustandsgrößen des Regelventils ebenfalls über die standardisierte Schnittstelle direkt angeschlossen.

Mit der Erfindung kann in vorteilhafter Weise ausgenutzt werden, dass durch die Miniaturisierung elektronischer

Bauteile die Integration der Funktionen der Reglereinheit in die Ventilelektronik möglich ist. Somit können auch die Signale der Sensoren in dieser elektronischen Schaltung verarbeitet werden und die für die Regelung notwendige Rückführung der Sensorsignale erfolgt über die standardisierte zweite Busschnittstelle.

Im herkömmlichen Aufbau würde eine Vielzahl der unterschiedlichen analogen und digitalen Sensorschnittstellen oft zu dem Problem führen, dass die Elektronik, bzw. das Gehäuse für die Elektronik am Regelventil, nicht mit allen notwendigen Schnittstellen gleichzeitig ausgeführt werden kann. Hierzu reicht dann in der Regel weder die Gehäuseoberfläche als auch der Bauraum für die Elektronik nicht aus um alle Schnittstellen unterstützen zu können. Desweiteren muß das Gehäuse in vielen umgebungskritischen Anwendungsfällen auch in einer besonderen Schutzart ausgeführt werden, was angesichts einer großen Anzahl von Steckern an den Schnittstellen zu sehr hohen Kosten führen kann.

Da auch die Ausführung der Regelventile in unterschiedlichen Varianten für alle in Frage kommenden Einsatzfälle zu einer sehr großen Variantenanzahl führt, ist die erfindungsgemäße Lösung, bei der die Sensorsignale über einen separaten Bus, z.B. einen Sensorbus, zurückgeführt wird, außerordentlich vorteilhaft, da hier nur eine Regelventilvariante für viele unterschiedliche Aufgaben realisiert zu werden braucht.

Eine Realisierung des gesamten Signalaustausches über den übergeordneten ersten Bus, z.B. einen Feldbus, wäre insofern nachteilig, da die Kommunikationsgeschwindigkeit üblicherweise von der Anzahl der Teilnehmer abhängig ist. Da die Teilnehmeranzahl an diesem ersten Bus aber nicht bekannt ist, kann dieser nicht für die Rückführung der Sensorsignale am Regelventil benutzt werden.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform sind zur Regelung mehrerer Zustandsgrößen in einem hydraulischen Regelventil ein erster und ein zweiter Drucksensor für die Hydraulikflüssigkeit und ein Weg- oder Lagesensor für den Kolbenhub des Zylinders vorhanden. Die Ausführung mit einem separaten Sensorbus für die Sensorsignale ermöglicht dann auf einfache Weise den Anschluss mehrerer Sensoren ohne eine Hardwareänderung der Ventilelektronik. Es ist nur ein zusätzlicher Stecker für die zweite Schnittstelle am Regelventil und ein niedriger Verkabelungsaufwand nötig, was insbesondere wichtig ist für die Schutzart und die ev. auftretende Beschleunigungsbelastung am Regelventil.

Durch die vorgeschlagene einheitliche standardisierte Schnittstelle für alle Sensoren kann beispielsweise durch Auslesen eines elektronischen Sensortypenschildes auch geprüft werden, ob die richtigen Sensoren angeschlossen sind. Weiterhin kann ein entsprechendes Typenschild des Regelventils bzw. des Zylinders auch eine automatische Reglervoreinstellung ermöglichen, wozu lediglich ein passiver Knoten am Zylinder mit dem Sensorbus zur Ausgabe der Daten verbunden werden braucht. Bei einem einfachen Zylinderantrieb für ein Regelventil könnten beispielsweise zwei Drucksignale und ein Lagesignal über den Sensorbus an die Regelung im Ventil zurückgeführt werden. Hierbei ist das Regelventil für den Sensorbus der Busmaster, für die übergeordnete Steuerung im ersten Bussystem jedoch ein Busslave.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung können auch eine Mehrzahl von Regelventilen so angeordnet werden, dass die zweite Schnittstelle und mindestens ein Sensor für eine Zustandsgröße an einem für alle Regelventile gemeinsamen zweiten Bussystem angeschaltet sind. Das Regelventil, an deren erster Schnittstelle das erste Bussystem angekoppelt ist, stellt dann einen Master für die

Gruppe der zusammengeschalteten Regelventile und die anderen die Slave-Regelventile dar.

Werden, wie zuvor erwähnt, mehrere Teilnehmer mit einem Bussystem verbunden und soll ein Regelkreis über den Bus angeschlossen werden, muß eine Synchronisierung der einzelnen Teilnehmer erfolgen, um eine zeitgleiche Abtastung von Signalen zu gewährleisten. Wenn jedoch z.B. vier hydraulische Achse mit jeweils entsprechenden Regelkreisen geregelt werden sollen, so muss hier je ein Wegsensor pro Zylinderachse im Gleichlauf mit den anderen arbeiten. Hierbei stellt dann wieder ein Zylinder den Master für die anderen drei Zylinder dar; für die übergeordnete Steuerung im ersten Bussystem ist dieser Master-Zylinder dann allerdings auch wieder eine Slave. Somit kann der Gleichlaufbetrieb der vier Zylinderantriebe mit der entsprechenden Rückführung der Sensorsignale und eine Synchronisierung der vier Achsen über die Bussysteme sichergestellt werden.

In herkömmlicher Weise wird die Synchronisierung der Komponenten über eine spezielle festgelegte Synchronisierungs-Nachricht vorgenommen, beispielsweise wird dies bei einer speziellen Ausführungsform eines Feldbusses als sog. CAN-Bus (CAN = Controller Area Network) als SYNC-Nachricht bezeichnet. Diese Nachricht wird hierzu in genau festgelegten Zeitabständen vom jeweiligen Master erzeugt. Durch den Mechanismus der Busarbitrierung bei den an sich bekannten Bussystemen kann jedoch nicht sichergestellt werden, dass diese Nachricht auch in festen Zeitabständen verschickt wird, so dass die SYNC-Nachricht mit einem gewissen Jitter behaftet ist und daher nicht für einen eventuell notwendigen festen Takt im jeweiligen Slave herangezogen werden kann.

Für die Slaves im Sensorbus, z.B. einen Drucksensor, gibt es bisher zwei Betriebsmodi. Erstens den sog. Synchronbe-

trieb, bei dem der Slave-Sensor nach Empfang der SYNC-Nachricht mit der Wandlung des analogen Sensorsignals startet und dieses umgehend an den Master zurückschickt. Zweitens den sog. Asynchronbetrieb, bei dem der Slave-Sensor mit einem internen Takt arbeitet, in dem die Sensorsignale ermittelt werden. Bei dem Empfang der SYNC-Nachricht wird der gerade im Speicher vorhandenen Wert zum Master zurückgesendet.

Der asynchrone Betrieb wird z.B. dann gewählt, wenn auf dem Slave neben der Datenerfassung weitere Operationen die einen festen Zeittakt benötigen, wie z.B. Regelung, Filterung und Differenzierung der Sensorsignale durchgeführt werden sollen. Da der Takt des Masters und des Slaves durch Bauteiltoleranzen nie genau gleich sind, kann durch den asynchronen Betrieb eventuell keine zeitgenaue Abtastung der Slave-Sensorsignale von Seiten des Masters sichergestellt werden. Wird ein derart gewonnenes Signal im geschlossenen Regelkreis eingesetzt, wirkt sich dieser Sachverhalt negativ auf die Regelgüte aus.

Erfindungsgemäß wird in vorteilhafter Weise eine Synchronisierung des Arbeitstaktes der Regelventile durch eine feste Kopplung der Slave-Regelventile auf das Master-Regelventil in der Gruppe der zusammengeschalteten Regelventile einschließlich der am zweiten Bussystem angeschlossenen Sensoren vorgenommen. Die feste Kopplung erfolgt durch eine Vorgabe und Regelung einer im Mittel konstanten Phasenverschiebung zwischen dem Empfang einer Synchronisations-Nachricht (SYNC-Nachricht) am Master-Regelventil und dem Arbeitstakt der Slave-Regelventile im Asynchronbetrieb, wobei die Vorgabe und Regelung der konstanten Phasenverschiebung durch eine Nachlaufsynchroisation erfolgt.

Im einzelnen ist die erfindungsgemäße Anordnung insbesondere dadurch vorteilhaft, dass die Abtastung von Sensor-



signalen in Phase zum Mastertakt erfolgt. Am Slave-Sensor oder am Slave-Regelventil steht damit ein zyklisches Taktsignal zur Verfügung, so dass dort bestimmte Funktionen die einen zyklischen Takt benötigen, wie z.B. die Regelung oder eine Filterung, eine Differenzierung, eine Integration des Sensorsignals ausgeführt werden können. Der Takt des Sensors bzw. des Regelventils kann dabei ein Vielfaches des Synchrontaktes betragen.

Vorteilhaft ist auch, dass die vorgeschlagene Anordnung zu einer Reduktion der Belastung der Bussysteme führt, da nicht für jeden Kommunikationszyklus eine SYNC-Nachricht benötigt wird. Die Erfassung von Messdaten und das Verschieben von Daten aufgrund einer SYNC-Nachricht kann durch die vorgebbare Phasenverschiebung zwischen dem Takt der SYNC-Nachricht und dem internem Takt im Sensor oder im Regelventil auf eine nahezu beliebige Phasenlage im Taktfenster der SYNC-Nachricht gelegt werden. Ein Master-Regelventil, das, wie oben erwähnt, gleichzeitig Slave für eine übergeordnete Steuerung ist, kann dabei auf einfache Weise den eigenen Systemtakt, für die ihm untergeordneten Slaves, aus dem übergeordneten Takt gewinnen. So lässt auf einfache Weise ein sich durchgehend synchronisierter Betrieb über mehrere Ebenen erzielen.

In vorteilhafter Weise ist zur Durchführung der Nachlaufsynchroisation einen Phasenregelkreis (PLL = Phase Locked Loop) vorhanden, der aus einem internen Taktgenerator, einem Phasendetektor und einem Phasenregler besteht, der bevorzugt eine PI-Struktur aufweist. Eine Realisierung des Phasenregelkreises erfolgt dabei bevorzugt durch eine entsprechende Programmierung der Elektronik am Regelventil oder an den Sensoren, ggf. auch durch elektronische Schaltungsbausteine. Der Slave-Sensor eines der Regelventile arbeitet hierbei im sog. Asynchronbetrieb und der Taktgenerator des Slaves wird durch die vorge-

-8-

schlagenen Phasenregelung auf den Empfang der SYNC-Nachricht synchronisiert.

Durch diese Regelung wird die Frequenz des Taktgenerator auf einfache Weise derart eingestellt, dass zwischen dem Empfang der SYNC-Nachricht und dem Slavetakt eine im Mittel konstante Phasenverschiebung bei gleicher Frequenz entsteht. Die erwähnte PI-Struktur des Phasenreglers ermöglicht einen robusten Betrieb, der auch bei einem mit einem Jitter behafteten SYNC-Takt, d.h. dem zeitlichen Abstand zwischen zwei SYNC-Nachrichten, einen weitgehend konstanten Slavetakt erzeugt, der im Mittel dem SYNC-Takt entspricht.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Regelanordnung werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Prinzipdarstellung eines elektrohydraulischen Regelventils in einer Regelanordnung mit einem ersten und einem zweiten Bussystem,

Figur 2 eine Erweiterung der Darstellung nach Figur 1 mit vier elektrohydraulischen Regelventilen und einer Synchronisierung und

Figur 3 ein Blockschaltbild eines Phasenregelkreises zur Synchronisierung.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Figur 1 zeigt ein elektrohydraulisches Regelventil 1 mit einem hydraulischen Zylinderantrieb 2, an dem zwei Drucksensoren 3 und ein Wegsensor 5 für den Zylinder 6 angebracht sind. In einer elektronischen Schaltung 8, die als sog. Onboard-Electronic (OBE) ausgeführt ist, ist eine erste Schnittstelle 9 für den Anschluss eines ersten Bussystems 10 angeordnet, der ein Feldbus bzw. ein sog. CAN-Profibus ist. Am diesem Feldbus 10 könne weitere, hier nicht dargestellte Regelventile oder sonstige Busteilnehmer angeschlossen sein. Kernstück des Feldbusses 10 ist eine übergeordnete Steuereinheit 11, z.B. eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), die über ein Busmodul an den Feldbus 10 angeschlossen ist.

An der elektronischen Schaltung 8 ist weiterhin eine zweite Schnittstelle 12 für den Anschluss eines zweiten Bussystems 13 angeordnet, der einen Sensorbus bzw. einen CAN-Sensorbus darstellt. Weiterhin sind noch die üblichen Anschlüsse für eine Spannungsversorgung der elektronischen Schaltung 8, z.B. 24V und +/-10V, vorhanden. Am Sensorbus 13 sind die zwei Drucksensoren 3 und ein Weg- oder Lagesensor 5 für den Zylinderantrieb 2 und ggf. ein passiver Knoten 7 für das Auslesen von Zylinderdaten am Zylinder 6 angebracht. Insbesondere mit der Rückführung des Lagesignals des Wegsensors 5, ggf. aber auch der

Drucksignale der Drucksensoren 3 und 4, wird über den Sensorbus 13 eine Regelung in der elektronischen Schaltung 8 am Regelventil 1 durchgeführt. Hierbei stellt die Regelung in der elektronischen Schaltung 8 für den Sensorbus 13 den Busmaster dar; für die übergeordnete Steuerung am Feldbus 10 ist diese jedoch ein Slave.

In Figur 2 ist eine Erweiterung der Anordnung nach der Figur 1 gezeigt mit vier geregelten hydraulische Zylindern 20, 21, 23 und 24, die je einen Wegsensor 25, 26, 27, und 28 je Achse aufweisen und im Gleichlauf gefahren werden sollen. Der Zylinder 20 stellt hier den Master für die anderen drei Zylinder 21, 22 und 23 dar. Für die übergeordnete Steuerung am Feldbus 10 ist dieser Zylinder allerdings auch wieder ein Slave. Über den Sensorbus 13 sind dabei die Wegsensoren 25 bis 28 und die jeweiligen zweiten Busschnittstellen 12 miteinander verbunden.

Damit die oben erwähnte Gleichlaufregelung der Zylinder 20 bis 23 funktioniert, wird beispielsweise die Synchronisierung der Komponenten über eine spezielle festgelegte Nachricht, die bei der hier gezeigten CAN-Feldbusanordnungen SYNC-Nachricht heißt, vorgenommen. Hierzu könnte in genau festgelegten Zeitabständen vom jeweiligen Master die SYNC-Nachricht erzeugt werden. Durch den besonderen Mechanismus der Busarbitrierung, wie er z.B. beim hier beschriebenen CAN-Feldbus und CAN-Sensorbus erfolgt, kann dabei jedoch nicht sichergestellt werden, dass diese Nachricht auch in festen Zeitabständen verschickt wird, so dass die SYNC-Nachricht mit einem gewissen Jitter behaftet ist und daher nicht für einen eventuell notwendigen festen Takt im Slave-Zylinder 21 bis 23 herangezogen werden kann.

Nach dem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel aus der Figur 2 wird die Synchronisierung der Wegsensoren 26 bis 28 und der Regeleinheiten in der jeweiligen elektroni-

-11-

schen Schaltung 8 der Slave-Zylinder 21 bis 23 über die jeweilige Feldbusschnittstelle 9 über den Feldbus 10 auf den Takt des Master-Zylinders 20 durchgeführt. Die Synchronisierung erfolgt über eine Vorgabe und Regelung der Phasenverschiebung zwischen dem jeweiligen Slave- und Mastertakt, wodurch die Abtastung der Sensorsignale der Wegsensoren 26 bis 28 in Phase zum Mastertakt des Wegsensors 25 erfolgt. Auf den Slave-Zylindern 21 bis 23 steht somit ein zyklisches Taktsignal zur Verfügung, so dass dort Funktionen die einen zyklischen Takt benötigen, wie z.B. Regelung, Filterung, Differenzierung, Integration des Sensorsignals ausgeführt werden können. Der Takt des jeweiligen Sensors 25 bis 28 kann dabei ein Vielfaches des eigentlichen Synchrontaktes betragen, wobei dies zu einer Reduktion der Buslast auf dem Sensorbus 13 und unter Umständen auch auf dem Feldbus 10 führt, da nicht für jeden Kommunikationszyklus eine SYNC-Nachricht benötigt wird.

Die Erfassung der Sensorsignale an den Wegsensoren 25 bis 28 und das Verschicken dieser Daten aufgrund einer SYNC-Nachricht kann durch die vorgebbare Phasenverschiebung zwischen dem Synchrontakt und einem internen Takt in der Regeleinheit des jeweiligen Zylinders 20 bis 23 und der daran angeschlossenen Slave-Sensoren auf eine nahezu beliebige Phasenlage im Fenster des Synchrontaktes gelegt werden. Der Master-Zylinder 20, der gleichzeitig Slave für die übergeordnete Steuerung der Steuereinheit 11 ist, kann dabei den eigenen Systemtakt, für die ihm untergeordneten Slave-Zylinder 21 bis 23 aus dem übergeordneten Takt des Feldbusses 10 gewinnen, wodurch sich ein durchgehend synchroner Betrieb über mehrere Hierarchieebenen der Bussysteme 10 und 13 erzielen lässt.

In Figur 3 ist ein Ausführungsbeispiel eines Phasenregelkreises 30 gezeigt mit dem die zuvor beschriebene Vorgabe

und Regelung der Phasenverschiebung durchgeführt werden kann. Der Phasenregelkreis 30 ist hier durch eine entsprechende Programmierung der elektronischen Schaltung 8 am jeweiligen Regelventil oder an den Sensoren realisiert. Um eine zuverlässige Erzeugung und Auswertung der sog. SYNC-Nachricht zu erhalten, arbeiten die Wegsensoren 26 bis 28 der Slave-Zylinder 21 bis 23 im sog. Asynchronbetrieb und der Taktgenerator des jeweiligen Zylinders 20 bis 23 wird durch eine Phasenregelung, bzw. eine Nachlaufsynchronisation im Phasenregelkreis 30 auf den Empfang der SYNC-Nachricht synchronisiert.

Der Phasenregelkreis 30 besteht nach der Figur 3 aus dem internen Taktgenerator 31 und einem daran angeschlossenen Phasendetektor 32, der auch mit dem SYNC-Takt, d.h. mit dem zeitlichen Abstand der SYNC-Nachrichten, an einem zweiten Eingang 33 beaufschlagt ist. Weiterhin ist im Phasenregelkreis ein PI-Regler 34 vorhanden, der den SYNC-Takt, die Istwertphasenverschiebung am Ausgang 36 des Phasendetektors 32 und eine jeweils konstant vorgegebene Sollwertphasenverschiebung an einem Eingang 35 auswertet. Durch diese Regelung wird die Frequenz des Taktgenerators 31 derart eingestellt, dass zwischen dem Empfang des SYNC-Taktes am Eingang 33 und dem Slavetakt des Taktgenerators 31 eine im Mittel konstante Phasenverschiebung bei gleicher Frequenz entsteht.

Patentansprüche

- 1) Regelanordnung für ein hydraulisches oder pneumatisches System, bei der
  - mindestens ein elektrohydraulisches oder -pneumatisches Regelventil (1) vorhanden ist, dessen mindestens eine Zustandsgröße regelbar ist und in einer Reglereinheit (8) die Zustandsgröße auswertbar und entsprechende Stellsignale erzeugbar sind und bei der
  - eine übergeordnete Steuereinheit (11) mit dem Regelventil über entsprechende Koppellemente mittels eines ersten Bussystems (10) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass
  - am Regelventil (1) jeweils eine elektronische Schaltung (8) angeordnet ist, die zur Steuerung des Regelventils (1) und als Reglereinheit für die mindestens eine Zustandsgröße dient, wobei
  - an der Reglereinheit eine erste standardisierte Schnittstelle (9) für die Ankopplung des ersten Bussy-

-14-

stems (10) und eine zweite standardisierte Schnittstelle (12) für die Ankopplung eines zweiten internen Bussystems (13) vorhanden ist und dass

- am zweiten Bussystem (13) die Sensoren (3,4,5; 25,26,27,28) für die mindestens eine Zustandsgröße des Regelventils (1) ebenfalls über eine standardisierte Schnittstelle direkt angeschlossen sind.

2) Regelanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- das erste Bussystem ein Feldbus (10) und das zweite Bussystem ein Sensorbus (13) ist.

3) Regelanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- zur Regelung mehrerer Zustandsgrößen in einem elektrohydraulischen Regelventil (1) ein erster und ein zweiter Drucksensor (3,4) für Hydraulikflüssigkeit und ein Wegsensor (5;25,26,27,28) für den Kolbenhub des Zylinders (6;20,21,22,23) des Regelventils (1) vorhanden ist.

4) Regelanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Mehrzahl von Regelventilen (1), dadurch gekennzeichnet, dass

- die zweite Schnittstelle (12) und mindestens ein Sensor (25,26,27,28) für eine Zustandsgröße jeweils eines der mehreren Regelventile (1) an einem für alle Regelventile (1) gemeinsamen zweiten Bussystem (13) angeschlossen sind und dass
- das Regelventil (1), an deren erster Schnittstelle (9) das erste Bussystem (10) angekoppelt ist, einen Master



für die Gruppe der zusammengeschalteten Regelventile (1) darstellt.

5) Regelanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- eine Synchronisierung des Arbeitstaktes der Regelventile (1) durch eine feste Kopplung der Slave-Regelventile auf das Master-Regelventil in der Gruppe der zusammengeschalteten Regelventile (1) erfolgt.

6) Regelanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass

- die feste Kopplung durch eine Vorgabe und Regelung einer im Mittel konstanten Phasenverschiebung zwischen dem Empfang einer Synchronisierungs-Nachricht am Master-Regelventil und dem jeweiligen Arbeitstakt der Slave-Regelventile im Asynchronbetrieb durchführbar ist.

7) Regelanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Vorgabe und Regelung der konstanten Phasenverschiebung durch eine Nachlaufsynchronisation erfolgt.

8) Regelanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Nachlaufsynchronisation einen Phasenregelkreis (30) (PLL) aufweist, der aus einem internen Taktgenerator (31), einem Phasendetektor (32) und einem Phasenregler (34) besteht.

9) Regelanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Phasenregler (34) ein PI-Regler ist.

10) Regelanordnung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Phasenregelkreis (30) durch eine entsprechende Programmierung der elektronischen Schaltung (8) im jeweiligen Regelventil (1) oder in der Elektronik der Sensoren (3,4; 25 bis 28) realisiert ist.

1 / 2

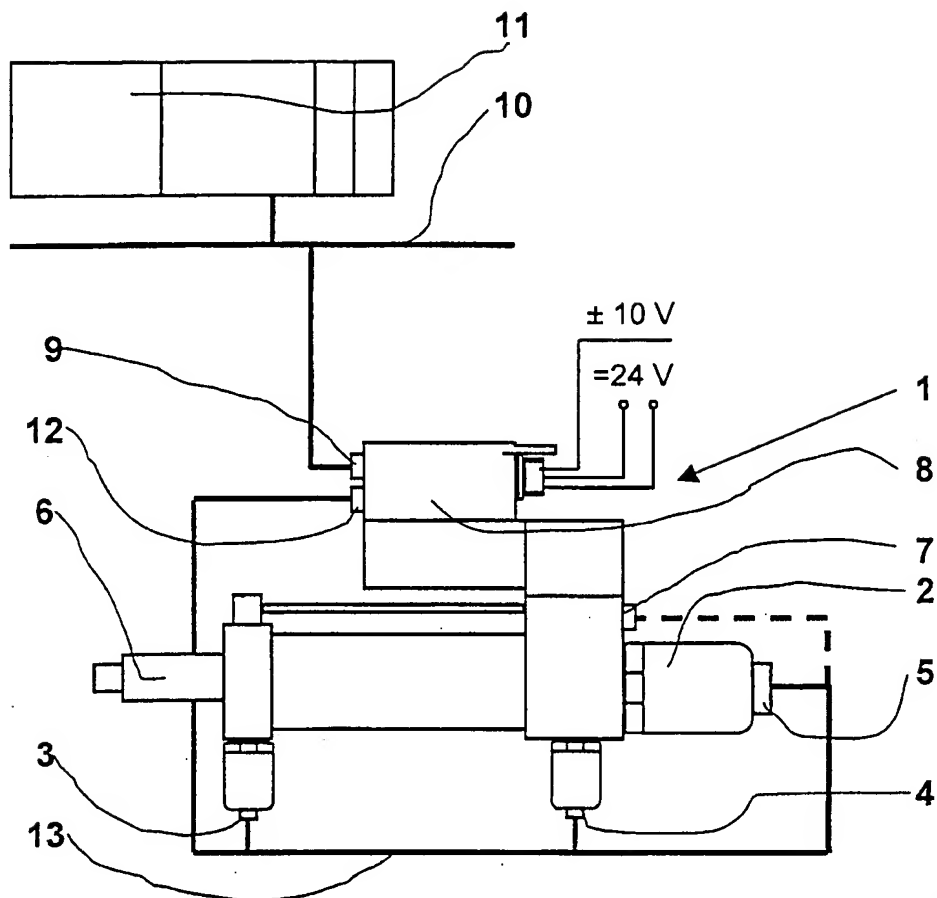


Fig. 1

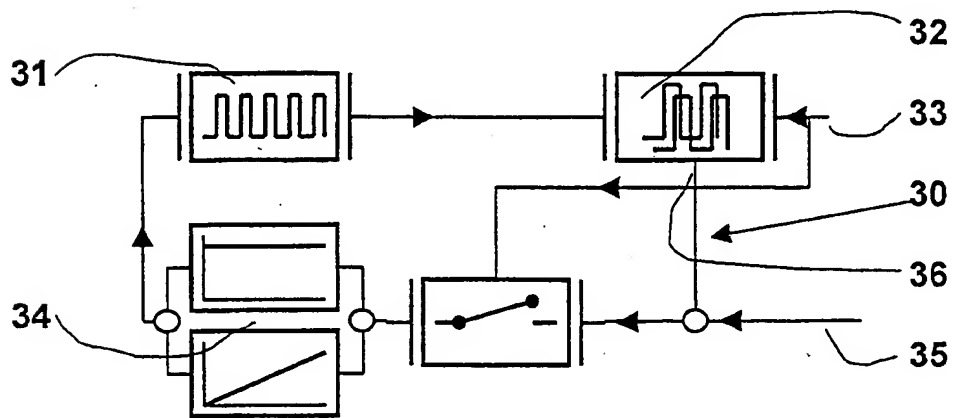


Fig. 3

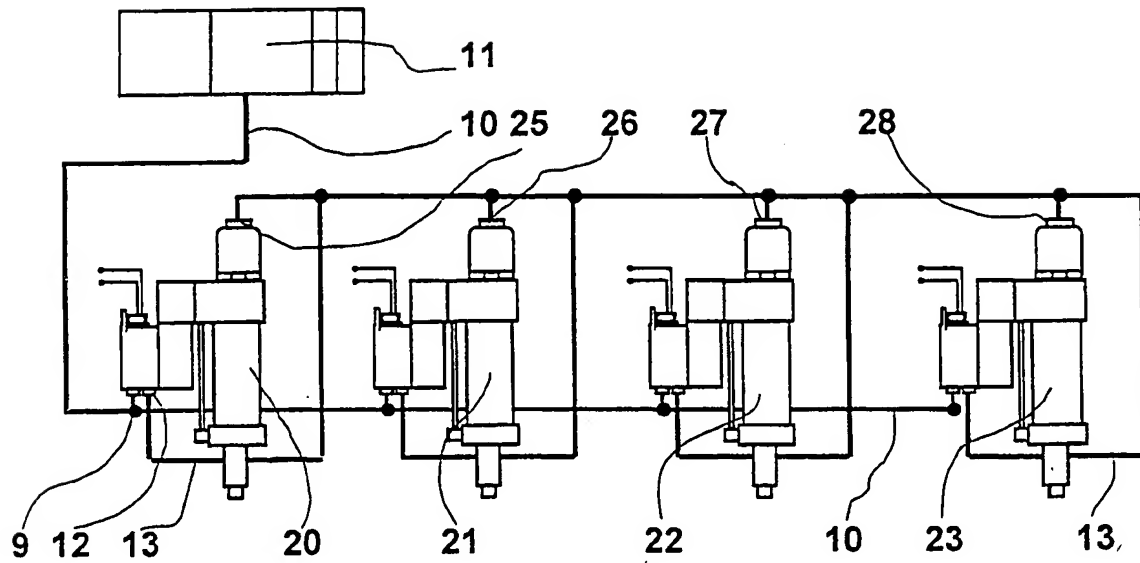


Fig.2